Manual del usuario.

El BISms es una aplicación de Excel para obtener programaciones de riego para la agricultura.

Se deben introducir datos climáticos en la hoja “Clima”. Los datos climáticos mensuales son necesarios para el cálculo de la ETo media diaria. Si se tuvieran los datos de las evapotranspiraciones de referencia ETo se podrían incluir directamente, en este caso se utilizarían estos datos para programar el riego. El número de días de lluvia medias por mes se requiere para el cálculo del coeficiente de cultivo en un suelo desnudo. Sin este dato, se podría producir error en el cálculo del Kc.

Si no se aportan los datos medidos de ETo, se estimará con los datos climáticos la evapotranspiración ETo diaria mediante la ecuación de Penman-Monteith. Si sólo se introducen los datos de temperatura, entonces se utilizará la ecuación de Hargreaves-Samani HS. Si se usan los datos del tanque de evaporación, hay que rellenar la última columna correspondiente de la hoja de “Clima” [Borde (m)]. Es necesario introducir la anchura del borde en metros del tanque de evaporación. Si se dan los datos del tanque de evaporación, se darán preferencia a este dato para los cálculos de la evapotranspiración sobre todos los demás.

Después de obtener los datos de evapotranspiración ETo en la hoja de “Clima”, hay que implementar los datos necesarios para el cultivo que se desea regar en la hoja “Cultivo”. Para ello, es necesario seleccionar y anotar, para incluir en la celda donde se pone el número de cultivo (cultivo nº) en la hoja “Cultivo”, el número del cultivo que aparece en la primera columna de la hoja “Datos Cultivo”.

El número de cultivo se compone de un dígito seguido de una coma y de dos dígitos más. El primer dígito identifica el tipo de cultivo y los dos restantes identifica la categoría. La aplicación reflejará automáticamente el valor del Kc del cultivo así como los valores por defecto de las fechas de inicio y final del cutlivo. El coeficiente de cultivo Kc varía a lo largo del desarrollo del cultivo y su diferente valor a lo largo del ciclo del cultivo depende de las fechas de inicio y desarrollo del cultivo. Así, si los valores de inicio del cultivo (siembra/plantación) y final del desarrollo (recolección) que

aparecen por defecto en la hoja “cultivo” en las celdas fechas modelo no son los correctos, el usuario de la aplicación podrá y deberá introducir los valores correctos en las celdas en blanco de inicio del cultivo (Fecha A) y finalización (Fecha E) de la hoja “Cultivo”. Las fechas intermedias serán corregidas automáticamente, en función de los valores que aparecen en las columnas correspondientes de % de estación.

Los valores de Kc estimados por el programa aparecen en la hoja “Cultivo”. Para los casos de cultivos en surcos y extensivos el Kc se puede modificar cambiando la frecuencia de riego. Es un ajuste de la frecuencia para el inicio del cultivo basado en el modelo de la evapotranspiración de Stroosnijder (1987). En suelo desnudo, el Kc depende del valor de la ETo que aparece debajo de la casilla de frecuencia de riego. El valor por defecto de la frecuencia de riego es de 30 días, un valor de entrada menor incrementará el valor de Kc inicial, durante el inicio del cultivo. Si dicho valor está en blanco para el período de crecimiento inicial el programa usa el valor del Kc por defecto. También, se pueden realizar ajuste, en la hoja “Cultivo” en árboles de hoja caduca y vides; y subtropicales. Para estos ajustes se debe introducir la superficie de cultivo cubierta en porcentaje. Una vez que el valor de la ETo y cultivo se han imputado se generan varias gráficas tales como “KcGráf1Año”, “KcGráf2Años”, “ETcGráf” y “ETcacumGráf”. La gráfica de “KcGráf2Años” es para aquellos cultivos bianuales, cuyo desarrollo tiene lugar a lo largo de dos años.

Los valores característicos de humedad del suelo se pueden utilizar para identificar el déficit permisible de agua en el suelo (DP en mm) que nos servirá de guía para regar. De forma que cuando el nivel de déficit de agua en el suelo real, esto es, como va disminuyendo la humedad edáfica en la profundidad del suelo a irrigar desde la capacidad de campo, iguale (se acerque o supere) al déficit permisible fijado habrá que regar.

Las características del suelo las introduciremos en la hoja de “Déficit agua”. Para calcular el agua disponible para la planta en la zona radicular, se introduce: la profundidad radicular para las fechas B y C y capacidad de campo (CC en m/m) en la fecha C; la capacidad de retención de agua disponible (CRAD en m/m) en las fechas B y C; y, el nivel de agotamiento permisible NAP en % de las fechas B a E. Aunque no es estrictamente correcto se asume

que el Nivel de agotamiento permisible NAP es idéntico para las fechas B y A.

Datos a introducir:

CC : Capacidad de campo m/m
CRAD : Capacidad de retención de agua disponible (en m/m)
Profundidad radicular en m
NAP : Nivel de agotamiento permisible %

Se obtiene:

CC (en mm): Agua a capacidad de campo en mm
CC (en mm) = CC (m/m) · Profundidad (m) · 1000 (mm/m)

IHD : Intervalo de humedad disponible en mm
IHD (mm) = CRAD (m/m) · Profundidad (m) · 1000 (mm/m)

Con estos valores se obtiene el déficit permisible. Se asume, aunque no es estrictamente correcto, que el déficit permisible es el mismo en las fechas B y A.

DP : Déficit permisible de agua en suelo en mm
DP = IHD (mm) · NAP(%)/100

Para cultivos en los que se emplean riegos localizados con volúmenes bajos de irrigación, cuyo sistema de riego no moja el 100 % del suelo, se debe introducir el porcentaje de suelo mojado en la columna a la derecha del DP. Ello da como resultado el cálculo ajustado del DP en la columna a la derecha de la tabla. Si no se incluye ningún valor se considerará por defecto que el porcentaje es del 100 %. El DP ajustado es el que se emplea para determinar el valor del DP diario y se muestra en la hoja de “Programación de riegos”.

La hoja de “Programación de riegos” nos servirá para determinar la frecuencia de los mismos. En esta hoja se muestran los datos siguientes: ETo, Kc, ETc y DP. También tiene una columna que contiene los cálculos diarios para el valor de agotamiento del agua en el suelo DAS. Partiendo de un valor de agotamiento DAS previo se muestra en la columna diariamente el valor al que se añade la nueva ETc partiendo el agotamiento (DAS) del día anterior.

$DAS_{\text{día } t} = DAS_{\text{día } t-1} + ETc$ – Precipitación efectiva - Riego

El valor inicial de DAS depende del balance hídrico del suelo en el momento del inicio del cultivo y debe ser introducido por el usuario. Si el cultivo se riega antes de inicio del mismo o viene un invierno lluvioso el valor de DAS puede ser 0. Lo mejor es medir el DAS. Si el suelo está a capacidad de campo el DAS será cero, y aumentará según disminuye la humedad edáfica. También es necesario introducir el dato de eficiencia de riego. El valor se puede modificar a lo largo del desarrollo del cultivo, si no se modifica se empleará por defecto el valor introducido anteriormente.

La programación se hará observando el valor de DAS y comparándolo con el valor de la columna del DP. Moviéndonos hacia abajo en la tabla , encontraremos el punto en donde aparecen valores de ETo, Kc y ETc. En ese punto podemos modificar el valor de la eficiencia si es variable. También se puede incluir la dotación del riego (mm/h). Los valores se pueden usar en años sucesivos o cambiarlos si hay nuevos valores.

Los valores anteriores servirán para obtener la aplicación neta así como para determinar la duración de los riegos. Dichos valores junto a la aportación de riego neta sirven para determinar la programación de riego: la aportación bruta y el calendario de riegos.

En general el cultivo se deberá regar antes que el valor de DAS (Déficit de Agua en el Suelo) exceda al de DP. El DP sirve sólo de guía, y excederse en el mismo puede afectar o no al cultivo. Por consiguiente, durante el inicio del cultivo cuyo crecimiento es rápido, puede que parte del agua se malgaste porque se requiera regar antes de que haya una buena uniformidad y eficiencia en la aplicación. En algunos casos el tener un DAS algo superior al DP puede ser aceptable.

Además del uso del DP, el número de horas de aplicación del riego afectará al calendario. En especial en aquellos sistemas de riego con restricciones en el regadío. Cuando regamos, la aportación neta se coloca en la columna NHn (necesidades hídricas netas). Los valores de eficiencia y de dotación de riegos (mm/h) se emplean para la programación de los turnos y aportación bruta, valores que se colocan a la derecha de la columna de necesidades hídricas netas. Para trabajar con la aplicación, nos moveremos en la tabla

hacia abajo y se colocará en su celda una nueva aportación (NHn) cuando el DAS sea igual o cercano al valor del déficit permisible DP. Así, se introduce un nuevo valor de NHn, este proceso se sigue hasta el final de la estación.

El riego se puede determinar observando la gráfica YT1 ó YT2. La línea roja indica el contenido de agua del suelo, y baja cuando hay necesidades de agua ETc y sube cuando se realiza una aplicación de riego NH (o bien llueve). Dicha línea roja se debe mantener siempre entre la línea negra de capacidad de campo (CC en mm) y la marrón (DP) que nos indica el défit permisible obtenido en función del nivel de agotamiento permisible. En general la línea roja puede sobrepasar la del CC en mm después de un riego. Evidentemente, además de las aportaciones de riego, también la lluvia reducirá el déficit de agua. La subida de la línea roja (DAS) en un riego es igual a la aportación neta NHn. En resumen, la línea roja deberá estar entre la negra y la marrón.

El último riego se programa de forma que la línea roja esté cerca de la marrón del DP, pero por encima. Ello permitirá al suelo de secarse lo suficiente para la recolección.

Observe que la gráfica YTajustable es como la gráfica de YT1 e YT2 pero sin proteger, así el usuario puede ajustar los ejes si lo desea.

La hoja de “Programación” es un resumen del riego con la aplicación bruta, eficiencia y duración de los turnos.

Las tablas de crecimiento del cultivo, el Kc y el de referencia del cultivo están basadas en informaciones publicadas. Sin embargo es imposible introducir todas las posibles combinaciones entre fechas Kc. Por consiguiente, es posible modificar los valores, así como introducir nuevos cultivos al final de la hoja. La hoja “Datos cultivo” no está protegida, por lo tanto el usuario debe tener la precaución de no borrar dicha información, existe no obstante una copia de seguridad original en la hoja “CoefCultOr” protegida dónde se puede acudir para recuperar datos.

El tipo de cultivos 2 es el que tiene casi el mismo Kc durante todo el año, por lo tanto la frecuencia de riego durante la fase inicial del crecimiento no tiene efecto sobre el valor del Kc lo mismo sucede con los cultivos del tipo 3 (árboles de hoja caduca y vid) o cultivos

del tipo 4 (subtropicales). Si se programa un cultivo del tipo 3 se puede ajustar el Kc por el factor de desarrollo entrando el % de suelo cubierto en las fechas C y D. Para cultivos del tipo 4 los ajustes se hacen con las fechas de B a E.

Para los árboles y viñedos con cubierta vegetal entre filas, se puede ajustar la ET para la cubierta vegetal entrando el inicio y el final de la misma. Permite tener dos períodos en los que exista cubierta vegetal durante el año.

La programación de riegos para todos los cultivos es calculada del mismo modo. Sin embargo, a causa de las diferencias entre los sistemas de riego, tipo de suelo, profundidad de raíces, etc., la programación de riegos será diferente.